

碳青霉烯类耐药菌主动筛查对 ICU 患者 医院感染及预后的影响： 一项倾向评分匹配研究

寇华炜¹ 李晓钰¹ 耿雨慧¹ 王惠¹ 刘勤富² 张丹梅¹ 杨宝忠¹

¹宁夏医科大学总医院院内感染科,银川 750004; ²宁夏医科大学总医院重症医学科,银川 750004

通信作者:张丹梅, Email: 819063704@qq.com

【摘要】 目的 评估重症监护病房(ICU)实施碳青霉烯类耐药菌(CRO)主动筛查对患者医院感染及预后的影响,为医疗机构制定科学的 CRO 主动筛查防控方案提供真实世界临床依据。**方法** 采用前瞻性干预、事后回顾性汇总分析的历史对照队列研究方法,选择 2024 年 1 月 1 日至 2025 年 12 月 31 日宁夏医科大学总医院 ICU 住院患者作为研究对象。常规送检组为 2024 年 1 月 1 日至 12 月 31 日常规送检、仅回顾病例资料的住院患者(690 例);CRO 主动筛查组为 2025 年 1 月 1 日至 12 月 31 日入科 24 h 内接受 CRO 主动筛查的患者(608 例)。CRO 主动筛查措施为收集患者鼻拭子、肛拭子、痰液以及存在的伤口、引流部位的分泌物或引流液接种到显色培养基,其中 CRO 阳性患者认为其 CRO 定植或感染,对其实施接触隔离;CRO 阴性患者继续实施标准预防。采用 1:1 倾向评分匹配(PSM)法控制年龄、性别、急性生理学与慢性健康状况评分 II (APACHE II)、手术伤害程度(手术级数 × 手术次数)、呼吸机、中心静脉导管及尿管使用天数等混杂因素后,卡钳值 0.02,匹配后比较两组患者 CRO 医院感染发生率和临床结局(科内病死率、放弃治疗率、好转出科率)。**结果** CRO 主动筛查组共 634 例患者接受主动筛查(其中 608 例符合纳入标准),CRO 阳性率为 22.4%(142/634)。研究共纳入 1 298 例患者,常规送检组 690 例,CRO 主动筛查组 608 例。经 PSM 成功匹配 477 对,常规送检组和 CRO 主动筛查组各 477 例,匹配后两组基线资料均衡可比[标准化均值差(SMD)均<0.1,均 $P>0.05$]。PSM 匹配后,CRO 主动筛查组与常规送检组的 CRO 医院感染发生率差异无统计学意义[2.3%(11/477)比 2.5%(12/477),均 $P>0.05$];但 CRO 主动筛查组科内病死率[2.1%(10/477)比 4.6%(22/477)]和放弃治疗率[8.6%(41/477)比 18.0%(86/477)]均低于常规送检组(均 $P<0.05$),好转出科率高于常规送检组[89.3%(426/477)比 77.4%(369/477),均 $P<0.05$]。**结论** 在基础感控措施完善的 ICU 实施 CRO 主动筛查联合接触隔离,未能进一步降低 CRO 医院感染率,但可通过早期预警指导精准抗感染治疗显著改善患者预后。

【关键词】 碳青霉烯类耐药菌;主动筛查;重症监护病房;倾向评分匹配;医院感染;临床预后

基金项目:宁夏回族自治区自然科学基金项目(2024AAC03669)

临床试验注册:国家全民健康保障信息平台(MR-64-24-054172)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20260605-00271

Impact of active surveillance for carbapenem-resistant organisms on healthcare-associated infections and clinical prognosis of patients in intensive care unit: a propensity score-matching historical cohort study

Kou Huawei¹, Li Xiaoyu¹, Geng Yuhui¹, Wang Hui¹, Liu Qinfu², Zhang Danmei¹, Yang Baozhong¹

¹Department of Nosocomial Infection Control, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China;

²Department of Intensive Care Unit, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China

Corresponding author: Zhang Danmei, Email: 819063704@qq.com

【Abstract】 Objective To evaluate the impact of active surveillance for carbapenem-resistant organisms (CRO) on healthcare-associated infections and clinical prognosis of patients in intensive care unit (ICU), and to provide real-world clinical evidence for developing scientific CRO active surveillance protocols in medical institutions. **Methods** A prospective intervention study with a post-hoc retrospective historical control cohort design was conducted. ICU inpatients at the General Hospital of Ningxia Medical University from January 1, 2024 to December 31, 2025 were enrolled. The routine testing group comprised patients hospitalized from January 1 to December 31, 2024, who underwent routine microbiological testing with only retrospective chart review (690 cases). The CRO active surveillance group comprised patients hospitalized from January 1 to December 31, 2025, who received active CRO surveillance within 24 hours of ICU admission (608 cases). The active surveillance protocol involved collecting nasal swabs, rectal swabs, sputum specimens, and secretions or drainage fluids from existing wounds or drainage sites, which were inoculated onto chromogenic media. Patients with positive CRO results were considered colonized or infected with CRO and placed under contact precautions; those with negative results continued to receive standard precautions. Propensity score matching (PSM) at a 1:1 ratio was used to control for confounding factors including age, sex, acute physiology and chronic health

evaluation II (APACHE II), severity of surgical insult (surgical grade $\times$ number of surgeries), and durations of mechanical ventilation, central venous catheterization, and urinary catheterization, with a caliper value of 0.02. After matching, the two groups were compared for CRO healthcare-associated infection incidence and clinical outcomes (in-ICU mortality, treatment abandonment rate, and improvement-to-discharge rate). **Results** A total of 634 patients in the CRO active surveillance group underwent active surveillance (608 of whom met inclusion criteria), with a CRO positivity rate of 22.4% (142/634). A total of 1 298 patients were enrolled, including 690 in the routine testing group and 608 in the CRO active surveillance group. After PSM, 477 pairs were successfully matched, with 477 cases in the routine testing group and 477 cases in the CRO active surveillance group. After matching, baseline characteristics were well balanced and comparable between the two groups [all standardized mean differences (SMD) <0.1 , all $P>0.05$]. After PSM, there was no statistically significant difference in CRO nosocomial infection incidence between the CRO active surveillance group and the routine testing group [2.3% (11/477) vs. 2.5% (12/477), both $P>0.05$]. However, the CRO active surveillance group had significantly lower in-ICU mortality [2.1% (10/477) vs. 4.6% (22/477)] and treatment abandonment rate [8.6% (41/477) vs. 18.0% (86/477)] compared with the routine testing group (both $P<0.05$), and a significantly higher improvement-to-discharge rate [89.3% (426/477) vs. 77.4% (369/477), both $P<0.05$]. **Conclusions** In ICUs with well-established basic infection prevention and control measures, implementation of CRO active surveillance combined with contact isolation did not further reduce the incidence of CRO healthcare-associated infections. However, it significantly improved patient outcomes by enabling early warning and guiding precise antimicrobial therapy.

【Key words】 Carbapenem-resistant organism; Active surveillance; Intensive care unit; Propensity score matching; Healthcare-associated infection; Clinical prognosis

Fund program: Natural Science Foundation of Ningxia (2024AAC03669)

Trial registration: National Health Insurance Information Platform (MR-64-24-054172)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20260605-00271

重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者因基础疾病严重、频繁接受各类侵入性操作、机体免疫功能受损,是碳青霉烯类耐药菌(carbapenem-resistant organisms, CRO)定植与侵袭性感染的高危人群。世界卫生组织已将碳青霉烯类耐药肠杆菌科细菌、鲍曼不动杆菌及铜绿假单胞菌列为最高优先级病原体^[1],尽管主动筛查、接触隔离已被多国指南推荐为阻断CRO院内传播的策略^[2-3],但目前学界尚未形成实施主动筛查的统一共识,现有研究关于主动筛查对CRO医院感染防控效果的结论不一,针对筛查干预对患者的预后影响更是鲜有报道。本研究采用倾向评分匹配(propensity score matching, PSM)法控制混杂偏倚^[4],比较ICU患者接受主动筛查联合接触隔离措施后CRO医院感染率及预后,旨在为医疗机构制定科学、精准、可持续的CRO主动筛查方案提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用前瞻性干预、事后回顾性汇总分析的历史对照队列研究设计^[5-6],选择2024年1月1日至2025年12月31日宁夏医科大学总医院ICU住院患者作为研究对象。

1.1.1 纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②入住ICU时间 ≥ 48 h。

1.1.2 排除标准:①入住ICU时已明确多重耐药菌感染;②不配合治疗或临床资料不全;③经情况说明后仍不愿参与本项目。

1.1.3 伦理学:本研究整体为历史对照队列研究,研究方案(含2024年病例回顾、2025年新增研究标本采集干预)经宁夏医科大学总医院医学科研伦理审查委员会批准(审批号:KYLL-2024-0254)。伦理审批完成后,于2025年1月1日启动CRO主动筛查组筛查工作。常规送检组为2024年度ICU住院患者,仅通过医院信息系统(hospital information system, HIS)回顾提取诊疗数据,无额外标本采集、无侵入性研究操作,符合免除知情同意的条件;CRO主动筛查组患者入科后接受CRO主动筛查,额外采集鼻拭子、肛拭子、痰液、引流液等标本,依据伦理委员会要求对所有CRO主动筛查组患者或其监护人在入科后及采集样本前履行知情告知程序并签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 研究阶段及分组:①回顾阶段:将2024年1月1日至12月31日本院收治的ICU住院患者纳入常规送检组,住院期间患者存在感染症状常规送检微生物标本,无任何研究性干预操作;②干预实施阶段:将2025年1月1日至12月31日本院收治的ICU住院患者纳入CRO主动筛查组,该期间本院于患者入科24h内采集标本进行CRO主动筛查,对阳性患者立即落实接触隔离措施干预;③数据汇总分析阶段:干预周期结束后,统一汇总两组患者全部临床数据进行回顾性统计分析。研究周期内ICU收治疾病谱、床位规模、院感基础管理制度、

全院抗菌药物管控政策、收费标准均保持稳定,无重大调整。

1.2.2 干预方法:①常规送检组:仅执行标准预防,无常规周期性 CRO 筛查。②CRO 主动筛查组:在实施标准预防的前提下进行 CRO 主动筛查。使用法国科玛嘉公司的 mSuperCARBA 显色培养基(以下简称显色培养基)作为主动筛查 CRO 分离培养载体,收集每位患者鼻拭子、肛拭子、同步可获得的痰液,以及存在的伤口、引流部位的分泌物或引流液,接种到显色培养基。标本采集方法严格按照《全国临床检验操作规程》^[7]进行。 $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$ 恒温需氧条件下培养 18~24 h 后观察菌落在显色平板上呈现的颜色,判定是否为 CRO 阳性。对结果呈阳性的患者认为其 CRO 定植或感染,对其实施接触隔离;结果呈阴性的患者继续实施标准预防。长期入住 ICU 患者,每 7 天重复筛查 1 次,如初次筛查阴性患者重复筛查 CRO 报阳则立即实施接触隔离,如 CRO 阳性患者全部标本转阴,则 48 h 以后再次送检,结果仍为阴性者解除隔离,继续实施标准预防。接触隔离的措施包括患者安置(单间或分区)、手卫生、防护用品的正确使用、增加环境清洁消毒频次、患者物品专用、生活垃圾的医废化管理等。

1.2.3 临床资料收集:研究数据源自 HIS、实验室信息系统(laboratory information system, LIS)及重症监护电子病历系统等各类信息管理系统,提取患者年龄、性别、急性生理学与慢性健康状况评分 II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, APACHE II)、有无接受手术及接受各级手术的次数、呼吸机使用情况、中心静脉导管使用情况、尿管使用情况、CRO 医院感染率、临床结局(科内死亡、放弃治疗、好转出科)等。ICU 临床医师进行 APACHE II 评分,感控专职人员根据美国疾病预防控制中心(Center for Disease Control and Prevention, CDC)发布的《医疗保健相关感染的监测定义和急性医疗机构感染的分型标准》^[8]及《医院感染病例判定标准:通用原则》^[9]进行医院感染的判定。

1.2.4 PSM 法:由于本研究为观察性研究,无法实施随机分组,故采用 PSM 法均衡组间混杂因素。以年龄、性别、APACHE II 评分、手术伤害程度(即手术级数 $\times$ 手术次数之和)、呼吸机使用天数、中心静脉导管使用天数、尿管使用天数为匹配变量,按照 1:1 的比例进行匹配,卡钳值设置为 0.02,匹配后标准化均值差(standardized mean difference, SMD) <0.1

判定为基线均衡,仅保留匹配成功病例进行后续结局分析。

1.3 统计学分析:运用软件 R 4.2.2 软件进行 PSM 分析,使用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计分析。计量资料符合正态分布者以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验。计数资料以例数和百分比表示,两组间比较采用 Pearson χ^2 检验。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 CRO 检出情况(表 1):CRO 主动筛查组共 634 例 ICU 住院患者接受主动筛查,有 142 例 CRO 阳性(阳性率为 22.40%);同一患者可存在多部位标本阳性,故各部位阳性例数总和 >142 例。肛拭子报阳率最高(60.6%),其次为鼻拭子(54.2%)、痰液(35.2%)及引流液或伤口分泌物(10.6%)较低。其中鲍曼不动杆菌定植或感染最多,其次为大肠埃希菌和铜绿假单胞菌,肺炎克雷伯菌较少。

表 1 CRO 主动筛查组 142 例 ICU 住院患者不同部位标本 CRO 检出情况[例(%)]

菌株类型	鼻拭子	痰液	肛拭子	引流液或伤口分泌物
鲍曼不动杆菌	55(38.7)	36(25.4)	39(27.5)	6(4.2)
铜绿假单胞菌	11(7.7)	11(7.7)	6(4.2)	4(2.8)
大肠埃希菌	6(4.2)	1(0.7)	30(21.1)	4(2.8)
肺炎克雷伯菌	5(3.5)	2(1.4)	11(7.7)	1(0.7)
阴性结果	65(45.8)	92(64.8)	56(39.4)	127(89.4)

注:CRO 为碳青霉烯类耐药菌,ICU 为重症监护病房;单例患者可有多部位标本同时检出阳性,故各部位阳性例数之和大于总阳性患者数

2.2 PSM 匹配前后两组患者的基本情况:共纳入 1 324 例患者,常规送检组 690 例, CRO 主动筛查组 634 例。其中,CRO 主动筛查组排除 ICU 住院时间 <48 h、入科时已明确多重耐药菌感染患者 26 例,纳入 608 例患者。最终对 1 298 例患者进行 PSM 1:1 匹配,共匹配成功 477 对。匹配后两组患者进行比较,各变量间 SMD 均 <0.1 ,组间差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),提示两组基线资料均衡,具有可比性(表 2)。

2.3 PSM 匹配后两组患者 CRO 医院感染情况及不良转归发生率比较(表 3):PSM 匹配后,两组间 CRO 医院感染发生率差异无统计学意义($P>0.05$);但 CRO 主动筛查组科内病死率和放弃治疗率均低于常规送检组,好转出科率高于常规送检组(均 $P<0.05$)。

表 2 PSM 匹配前后常规送检组与 CRO 主动筛查组 ICU 住院患者的基本情况比较

变量	匹配前					匹配后				
	常规送检组 (690 例)	CRO 主动筛查组 (608 例)	统计量值	P 值	SMD 值	常规送检组 (477 例)	CRO 主动筛查组 (477 例)	统计量值	P 值	SMD 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	58.78 $\pm$ 17.95	58.80 $\pm$ 16.37	$t=0.021$	0.983	0.001	59.02 $\pm$ 17.91	59.14 $\pm$ 16.46	$t=0.107$	0.915	0.007
性别[例(%)]			$\chi^2=1.469$	0.226	0.071			$\chi^2=0.004$	1.000	0.004
女性	271 (39.3)	218 (35.9)				185 (38.8)	186 (39.0)			
男性	419 (60.7)	390 (64.1)				292 (61.2)	291 (61.0)			
APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	17.20 $\pm$ 6.76	19.70 $\pm$ 7.02	$t=6.732$	<0.001	0.362	18.65 $\pm$ 6.53	18.38 $\pm$ 6.34	$t=0.645$	0.520	0.042
接受手术[例(%)]	462 (67.0)	438 (72.0)	$\chi^2=3.690$	0.055	0.111	327 (68.6)	334 (70.0)	$\chi^2=0.176$	0.674	0.032
手术伤害程度 ^a ($\bar{x} \pm s$)	6.84 $\pm$ 8.60	7.35 $\pm$ 8.02	$t=1.097$	0.272	0.061	6.89 $\pm$ 8.84	7.07 $\pm$ 8.02	$t=0.337$	0.736	0.022
使用呼吸机天数 (d, $\bar{x} \pm s$)	5.75 $\pm$ 6.84	5.37 $\pm$ 6.59	$t=1.014$	0.311	0.056	5.04 $\pm$ 5.60	5.36 $\pm$ 6.97	$t=0.793$	0.428	0.051
中心静脉置管天数 (d, $\bar{x} \pm s$)	6.46 $\pm$ 6.90	6.45 $\pm$ 7.22	$t=0.023$	0.982	0.001	6.19 $\pm$ 6.05	6.38 $\pm$ 7.60	$t=0.423$	0.672	0.027
导尿管置管天数 (d, $\bar{x} \pm s$)	9.04 $\pm$ 7.48	7.87 $\pm$ 7.07	$t=2.900$	0.004	0.161	8.19 $\pm$ 6.24	8.07 $\pm$ 7.44	$t=0.274$	0.784	0.018

注: PSM 为倾向评分匹配, CRO 为碳青霉烯类耐药菌, ICU 为重症监护病房, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, SMD 为标准化均值差; ^a 手术伤害程度 = 手术级数 $\times$ 手术次数

表 3 PSM 匹配后两组 ICU 住院患者 CRO 医院感染情况及临床转归发生率比较[%(例)]

组别	例数	CRO 医院 感染发生率	科内 病死率	放弃 治疗率	好转 出科率
常规送检组	477	2.5 (12)	4.6 (22)	18.0 (86)	77.4 (369)
CRO 主动筛查组	477	2.3 (11)	2.1 (10)	8.6 (41)	89.3 (426)
χ^2 值		0.045	4.656	18.393	24.521
P 值		0.833	0.046	<0.001	<0.001

注: PSM 为倾向评分匹配, ICU 为重症监护病房, CRO 为碳青霉烯类耐药菌

3 讨论

本研究对 CRO 主动筛查组 634 例 ICU 住院患者进行 CRO 主动筛查, 608 例入组, 与常规送检组 690 例患者进行 PSM 匹配均衡基线后, 477 对患者匹配成功。CRO 主动筛查组 CRO 医院感染发病率虽低于常规送检组, 但差异无统计学意义, 与部分研究报道的显著成效有所不同^[10-12]。分析原因: 本研究为规避隔离措施落实不均衡带来的混杂偏倚, 特别选择严格执行医院感染控制措施的中心 ICU 开展研究。该病区实施了一套严谨完整、多点监测反馈的感染控制管理模式, 包括每周医院感染交班、信息化查检表、监控回看与实名反馈、持续质量改进等。病区手卫生依从性高达 92%, 每床日手卫生消耗品用量超过 100 mL, 主动筛查 CRO 报阳后 24 h 内接触隔离医嘱下达率达到 100%, 床旁隔离或集中分区安置落实率超过 95%。完善的标准化预防措施已有效阻断 CRO 接触传播途径, 病区本底 CRO 交叉感染水平显著低于国内多数 ICU 报道数据^[10, 13]。

在此基础上叠加“主动筛查 + 接触隔离”措施, 院内感染发生率降低空间有限, 干预的边际效应微弱, 难以观察到明显差异^[14], 该规律与文献^[15-16]的研究结论一致。

尽管 CRO 医院感染率未见显著下降, 但 CRO 主动筛查组患者科内病死率和放弃治疗率显著降低, 好转出科率明显升高, 提示 CRO 主动筛查可改善 ICU 患者临床预后。结合本次筛查标本检出数据分析可见, CRO 主动筛查组 CRO 定植或感染以肛拭子携带为主 (60.6%), 优势菌株为鲍曼不动杆菌和大肠埃希菌, 此类肠道隐匿定植患者无明显感染症状, 仅依靠临床症状驱动的常规微生物送检极易漏诊。若未开展主动筛查, 该类患者进展为侵袭性感染后, 初始临床经验性抗感染治疗容易首选碳青霉烯类药物, 因菌株耐药造成初始治疗失败, 导致治疗时机延误。本研究采用入科 24 h 内多部位主动筛查, 利用快速显色培养基可于 18 ~ 24 h 内完成 CRO 菌株鉴定, 实现快速识别隐匿 CRO 定植或感染菌株及菌种类型, 指导临床早期选用替加环素等敏感药物治疗, 缩短无效抗感染疗程, 减少重症脓毒症、感染性休克等危重并发症发生。针对高定植负荷、多部位定植高危患者, 临床可提前启动救治干预措施, 延缓病情快速恶化, 进而降低家属因危重病情放弃治疗的比例。由此分析, CRO 主动筛查的临床价值可能已超越单纯地发现感染源、阻断院内交叉传播的传统感染预防范畴, 其核心贡献在于早期预警与指导精准治疗^[17]。这也解释了为何在 CRO 医院感染率未

显著下降的情况下,患者 CRO 主动筛查组整体预后仍能得到实质性改善。本研究基于感染防控基础较好的 ICU 开展,因医源性交叉感染而导致的 CRO 医院感染本身处于相对较低水平,全员普查模式仅体现在生存获益,未实现感染率同步下降;如采取针对既往抗菌药物暴露、重大手术、免疫抑制等高危人群开展选择性的主动筛查,可能获得更大的卫生经济学效益。若对于感控基础相对薄弱的 ICU,实施主动筛查或可同时带来 CRO 医院感染率下降及预后改善的双重获益。

本研究存在如下局限性:① 本研究采用历史对照设计,2024 年常规送检组与 2025 年 CRO 主动筛查组存在时间跨度,尽管研究期间 ICU 收治病种、基础感控制度、收费标准、床位建制、全院抗菌药物管控政策等核心条件保持稳定,且通过 1:1 PSM 法匹配控制了年龄、APACHE II 评分、侵入性操作等关键混杂因素,但仍无法完全消除年度间可能存在的未测量混杂因素干扰;后续可开展同期匹配、间断时间序列研究进一步消除时间偏倚。② 本研究为单中心三甲医院综合 ICU 研究,病区基础感染防控水平较高,手卫生依从性、消毒隔离措施落实程度较好,研究结论外推存在局限性,后续有待开展多中心分层研究,按病区感控能力分层分析主动筛查干预的临床获益。③ 本研究重点为 CRO 医院感染发生率与患者宏观临床转归,未完整收集患者全程抗菌药物使用时序、剂量调整、药敏动态变化数据等,未能从药物暴露、菌种毒力、定植负荷层面定量拆解预防改善的机制与临床通路,后续可整合微生物药敏、抗感染方案、定植菌清除时间开展分层亚组分析,进一步阐释主动筛查改善患者预后的内在机制。

综上所述,在感染防控体系完善的 ICU 进行全员 CRO 主动筛查,虽未能进一步降低 CRO 医院感染发生率,但其早期预警、指导精准治疗的核心价值显著改善了 CRO 主动筛查患者预后。这一发现拓展了主动筛查的临床意义边界,未来可开展阶梯式成本-效益多中心研究,进一步探究其在不同感染防控能力 ICU 中的最佳适用场景及改善患者预后的内在机制。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 寇华炜: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草文章、获取研究经费;李晓钰、耿雨慧: 实施研究、采集数据、分析/解释数据、统计分析;王惠: 实施研究、采集数据;刘勤富: 实施研究、采集数据、支持性贡献;张丹梅: 酝酿和设

计实验、实施研究、采集数据、对文章的知识性内容作批评性审阅;杨宝忠: 酝酿和设计实验、对文章的知识性内容作批评性审阅、支持性贡献

参考文献

- [1] 乔甫,宗志勇.世界卫生组织《医疗机构耐碳青霉烯的肠杆菌科细菌、铜绿假单胞菌和鲍曼不动杆菌防控指南》介绍[J]. 华西医学, 2018, 33(3): 259-263. DOI: 10.7507/1002-0179.201803013.
- [2] 陈玉,张朝辉,樊发超.应用主动筛查预防与控制重症监护病房患者多重耐药菌感染[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(2): 190-195. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20221643.
- [3] 顾津伊.主动筛查碳青霉烯类耐药肠杆菌科细菌的研究进展[J]. 微生物学免疫学进展, 2018, 46(5): 98-103. DOI: 10.13309/j.cnki.pmi.2018.05.017.
- [4] 施婷婷,刘振球,袁黄波,等.倾向性评分匹配法在非随机对照研究中的应用[J]. 中国卫生统计, 2021, 38(2): 312-314. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3674.2021.02.040.
- [5] Dai YQ, Meng TJ, Wang XL, et al. Validation and extrapolation of a multimodal infection prevention and control intervention on carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in an epidemic region: a historical control quasi-experimental study[J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 692813. DOI: 10.3389/fmed.2021.692813.
- [6] Peters FP, Kara MA, Curvers WL, et al. Multiband mucoscopy for endoscopic resection of Barrett's esophagus: feasibility study with matched historical controls[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2007, 19(4): 311-315. DOI: 10.1097/MEG.0b013e328080ca90.
- [7] 尚红,王毓三,申子瑜.全国临床检验操作规程[M]. 4版.北京:人民卫生出版社.
- [8] Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting[J]. Am J Infect Control, 2008, 36(5): 309-332. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.03.002. Erratum in: Am J Infect Control, 2008, 36(9): 655.
- [9] 国家卫生健康委员会.医院感染病例判定标准:通用原则:WS/T 857—2025[S]. 北京:人民卫生出版社, 2025.
- [10] 唐梦琦,于茜,沙珍萍,等.基于倾向指数匹配的 ICU 多重耐药菌医院感染经济负担评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2025, 35(21): 3227-3231. DOI: 10.11816/cn.ni.2025-251099.
- [11] Baker LC, Lamiraud K. Adoption of hospital diagnosis-related group financing in Switzerland and the availability of computed tomography scanners[J]. Health Econ, 2022, 31(12): 2537-2557. DOI: 10.1002/hec.4594.
- [12] Vargas JM, Moreno Mochi MP, López CG, et al. Impact of an active surveillance program and infection control measures on the incidence of carbapenem-resistant gram-negative bacilli in an intensive care unit[J]. Rev Argent Microbiol, 2022, 54(2): 134-142. DOI: 10.1016/j.ram.2021.03.003.
- [13] 陶春杜,毛志远,刘袁,等.综合重症监护病房多重耐药菌感染预测模型的构建与验证[J]. 现代医药卫生, 2026, 42(3): 626-630. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2026.03.028.
- [14] Boyce JM. Hand and environmental hygiene: respective roles for MRSA, multi-resistant gram negatives, *Clostridioides difficile*, and *Candida spp*[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2024, 13(1): 110. DOI: 10.1186/s13756-024-01461-x.
- [15] MOSAR WP3 Study Team. Interventions to reduce colonisation and transmission of antimicrobial-resistant bacteria in intensive care units: an interrupted time series study and cluster randomised trial[J]. Lancet Infect Dis, 2014, 14(1): 31-39. DOI: 10.1016/S1473-3099(13)70295-0. Erratum in: Lancet Infect Dis, 2014, 14(1): 11.
- [16] Kim NH, Han WD, Song KH, et al. Successful containment of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* by strict contact precautions without active surveillance[J]. Am J Infect Control, 2014, 42(12): 1270-1273. DOI: 10.1016/j.ajic.2014.09.004.
- [17] Mularoni A, Cona A, Campanella M, et al. Donor-derived carbapenem-resistant gram-negative bacterial infections in solid organ transplant recipients: active surveillance enhances recipient safety[J]. Am J Transplant, 2024, 24(6): 1046-1056. DOI: 10.1016/j.ajt.2024.02.005.

(收稿日期: 2026-06-05)

(本文编辑: 张耘菲)